

АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА С РАСПЛАВОМ МЕДИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕДНОЙ КАТАНКИ

Медная катанка предназначена для производства электротехнических изделий и в основном выпускается методом непрерывного литья и прокатки из катодной меди марки М00к по ГОСТ 546-88. Медная катанка является одним из главных составляющих в последующем производстве кабельной продукции.

Процесс производства медной катанки является высокотехнологичным и требует использования высокоточного оборудования для поддержания требуемого качества производимой продукции.

В данной работе рассматривается технология производства медной катанки Contirod с использованием природного газа в качестве источника тепловой энергии.

Особенностью использования природного газа является необходимость учитывать химический состав дымовых газов, соприкасающихся с поверхностью жидкой меди, и режим аэродинамического потока, которые определяют массообмен и теплообмен между газовой средой и поверхностью расплава меди.

Природный газ вносит дополнительные возмущения в механизм массообмена продуктов сгорания и движущейся поверхности потока жидкой меди. Аэродинамический режим движения продуктов сгорания создает весьма чувствительное воздействие к возможным массообменным процессам с гидродинамической поверхностью потока жидкой меди. Периодически происходящее внезапное появления брака при производстве катанки, связанного с резким изменением содержания водорода [H] и кислорода [O] в меди, подтверждают такое предположение.

Неконтролируемые и случайные изменения в показателях брака катанки не находят аргументированного объяснения. Однако очевидно, по какой-то причине, происходит изменение химического состава продуктов сгорания. На первом этапе анализа возникшей ситуации нами предложен алгоритм расчета горения природного газа с учетом диссоциации углекислого газа {CO₂} и водяных паров {H₂O}.

Физико-химические реакции газовой среды с жидкой медью после выхода расплава из шахтной печи и в последующих элементах технологической схемы оказывают влияние на качество жидкой меди на этапе разливки.

Считается, что основными элементами, влияющими на качество готовой продукции (медной катанки), являются кислород и водород, которые негативно влияют на качество медной катанки. Водород вызывает так называемые поверхностные трещины, а кислород значительно ухудшает электротехнические свойства меди и приводит к появлению трещин по всему объему катанки при прокатке и вытяжке.

Переход водорода и кислорода в расплав меди происходит в результате процессов массообмена, протекающих между поверхностью расплава и газовой средой, соприкасающейся с расплавом.

Для составления модели процесса перехода ионов кислорода и водорода в расплав меди в первую очередь необходимо провести анализ химического состава продуктов сгорания природного газа и их с расплавом меди последовательно в каждом из указанных элементов технологической схемы (шахтная печь для плавки катодов, промежуточный желоб, печь-миксер, разливочный желоб, кристаллизатор и прокатный стан).

В первом приближении следует рассмотреть сочетание компонентов Cu , O_2 , H_2 , H_2O , CO , CO_2 , N_2 , NO_x и активных частиц O^{2-} , H^+ , OH^- , Cu^{2+} , Cu^+ , N^{2+} .

На первом этапе составления физико-химической модели протекающих реакций рассмотрены взаимодействия ионов меди с ионами H^+ , N^{2+} , O^{2-} , CO .

Вследствие малых концентраций науглероживающих компонентов и низкой растворимости углерода в меди, насыщение расплава меди углеродом из газовой фазы представляется маловероятным, поэтому в рассматриваемой модели данные реакции не учитываются.

Азот в меди не растворяется до температуры расплава 1400°C (при атмосферном давлении). Данный факт представляется интересным для дальнейшего изучения, так как возможны варианты использования азота для продувки расплава меди, интенсифицируя тем самым процесс дегазации расплава.

Растворимость водорода в меди зависит от его концентрации в газовой среде над расплавом и температуры расплава меди.

Парциальное давление водорода в печи может изменяться в широких пределах, но для расчетов с достаточной точностью можно принять это давление равным парциальному давлению водяных паров.

Количество водорода, которое может раствориться в меди, непосредственно связано с содержанием кислорода как в расплаве меди,

так и в атмосфере над расплавом. Кислород является наиболее активным газом по отношению к меди.

Кислород в меди может находиться и в растворенном состоянии и образовывать оксиды.

Известно, что металл не растворяет соли и оксиды других металлов, а растворяет только свои низшие оксиды и соединения, обладающие полупроводниковыми свойствами, таким образом, в расплаве чистой (рафинированной) меди может присутствовать как растворенный атомарный кислород, так и оксиды меди.

Графическую зависимость, описывающую равновесное соотношение между концентрациями кислорода и водорода в меди, называют кривой Аллена, для которой при постоянной температуре будет выполняться следующее равенство: $[\%H]^3 [\%O]^2 = 1,88 \times 10^{-10} = \text{const}$.

Равновесная концентрация свободного кислорода в продуктах сгорания природного газа зависит не только от его избыточного количества, коэффициента расхода воздуха, степени диссоциации $\{CO_2\}$ и $\{H_2O\}$, но и от возможной реакции взаимодействия водяного пара с жидкой медью при непосредственном их контакте.